

不同装修类型居室空气中甲醛的污染现状

张人华¹, 方志青²

摘要: [目的] 了解不同装修类型的居室空气中甲醛的污染现状及其衰减情况。[方法] 根据装修时所使用人造板材数量和类型分3组: 低装修类型组、高装修类型组和家具装填组(在低装修类型的基础上, 采用装填各类人造板材家具), 每组12户; 另设1组同期未使用人造板材和外购家具入户的12户为对照组。对不同装修类型居室空气中的甲醛污染情况进行为期7个月的监测, 首次监测在装修完工后1个月, 以后每个月监测1次。按照GB/T 16129—1995《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 分光光度法》测定甲醛浓度。[结果] 低、高装修类型组甲醛浓度分别为 $(0.084 \pm 0.040) \text{ mg/m}^3$ 和 $(0.19 \pm 0.28) \text{ mg/m}^3$ ($P < 0.01$); 家具装填组甲醛浓度 $(0.49 \pm 0.56) \text{ mg/m}^3$ 高于低、高装修类型组(均 $P < 0.05$)。3个不同装修类型组与对照组相比差异均有统计学意义(F 值分别为3.12, 6.67, 8.93, 均 $P < 0.05$)。装修213天后, 低、高装修类型组及家具装填组的空气甲醛浓度分别为 (0.012 ± 0.028) , (0.083 ± 0.041) 和 $(0.087 \pm 0.30) \text{ mg/m}^3$, 与对照组比较, 低装修类型组差异无统计学意义($P > 0.05$), 高装修类型组和家具装填组均高于对照组(均 $P < 0.05$)。[结论] 人造板材用量和家具的装填可影响居室装修后甲醛的污染水平, 经7个月后高装修组和家具装填组室内空气中甲醛仍处于较高水平。

关键词: 居室空气; 甲醛; 装修类型; 污染; 控制措施

Pollution Situation of Formaldehyde in Indoor Air after Different Types of Decoration ZHANG Ren-hua¹, FANG Zhi-qing² (1.Department of Public Health Monitoring, Guizhou Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guizhou 550004, China; 2.Department of Environment Science, School of Chemistry and Environmental Science, Guizhou Minzu University, Guizhou 550025, China) · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To understand the pollution and attenuation trend over time of formaldehyde in residential houses with different types of decoration. [Methods] Three groups of residential houses were divided by the count and type of wood-based plane (WBP) used: low decoration, high decoration, and furniture (WBP furniture were used besides low decoration) groups. Each group contained 12 households. Another 12 households without using any WBP or purchased furniture were set as the control group. Monitoring formaldehyde in indoor air of selected rooms with different types of decoration lasted for seven months. The first monitoring was conducted in one month after the decoration, and thereafter once a month. Determination of formaldehyde concentration was performed according to *Standard method for hygienic examination of formaldehyde in air of residential areas—Spectrophotometric method* (GB/T 16129—1995). [Results] The concentrations of formaldehyde in the low and the high decoration groups were $(0.084 \pm 0.040) \text{ mg/m}^3$ and $(0.19 \pm 0.28) \text{ mg/m}^3$ ($P < 0.01$), respectively, and that of the furniture group was $(0.49 \pm 0.56) \text{ mg/m}^3$ which was significantly higher than that of the low and high decoration groups ($F_s=5.15, 6.39, P_s < 0.01$). There was also a statistical difference between the three groups mentioned above and the control group ($F_s=3.12, 6.67, 8.93$, respectively, all $P_s < 0.05$). After seven months, there was no statistical difference in the formaldehyde concentrations between the low decoration group [$(0.012 \pm 0.028) \text{ mg/m}^3$] and the control group ($F=2.62, P > 0.05$), but higher formaldehyde concentrations were found in the high decoration group [$(0.083 \pm 0.041) \text{ mg/m}^3$] and the furniture group [$(0.087 \pm 0.30) \text{ mg/m}^3$] when compared to the control group ($F=7.25$ and $7.22, P < 0.05$). [Conclusion] The use of WBP and furniture may affect the pollution level of indoor formaldehyde. After seven months, the concentrations of indoor formaldehyde for the high decoration group and the furniture group are still at a high level.

Key Words: indoor air; formaldehyde; type of decoration; pollution level; control measure

甲醛已被世界卫生组织(WHO)确定为1类致癌物,也是公认的变态反应源,是潜在的强致突变物之一,在我国有毒化学品控制名单上高居第二位^[1]。甲醛对人体皮肤和粘膜有强烈刺激作用,诱发支气管炎和哮喘,长期接触低剂量甲醛可引起慢性呼吸道疾病、鼻咽癌、结肠癌、脑瘤、妊娠综合症、新生儿染色体异常、白血病、青少年记忆力和智力下降,同时还会造成细胞核的基因突变、DNA单链内交联和DNA与蛋白质交联及抑制DNA损伤的修复等严重后果^[2-3]。居室装修中甲醛主要来源于黏合剂与木质材料复合加工而成的人造板家具、墙纸、人造复合木地板等,因而含大量甲醛^[4]。本研究拟了解不同装修类型居室空气中甲醛的污染水平及其衰减规律,为维护人群健康提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

甲醛(天津科密欧化学试剂厂);4-氨基-3联氮-5巯基-1,2,4-三氮杂茂(东西仪器科技有限公司);氢氧化钾(国药集团化学试剂有限公司);高碘酸钾(上海试剂二厂);硫代硫酸钠(国药集团化学试剂有限公司)。722分光光度计(上海菁华科技仪器公司);空气采样器(流量范围0~2L);气泡吸收管(盐城鑫宝科技有限公司)。

1.2 测定方法

室内空气中甲醛测定按GB/T 16129—1995《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法分光光度法》^[5]。

1.3 检测对象

于2012年5—11月,在贵阳市某住宅小区选择新装修居室48户为调查对象。第1次监测在装修完工后1个月,以后每个月监测1次,至第7个月结束。

按装修时使用各类人造板数量和家具装填情况分低装组,高装组及家具装填组,每组各12户,另设1组在同期未使用人造板和外购家具入户的为对照组。低装组:木工板使用量为8~12张,平均10张;胶合板4~6张,平均5张;人造板材使用量平均面积为89.30m²。高装组:木工板使用量为35~45张,平均40张;胶合板8~12张,平均10张;人造板材使用量平均面积为297.7m²。装填组:在低装组基础上装填各类家具的投影面积为25m²(投影面积为家具板材未展开的面积,即家具的长度乘以宽度);沙发长度4~5m。

1.4 采样方法

按照GB 50325—2010《民用建筑工程室内环境污染控制规范》^[6]要求,采样点设在客厅或各房间的通道处。采样前提前2h关闭与外界通风的门窗,户内门窗全部打开。采样时吸附管口距地面1.3m,距四周墙体>0.5m。用气泡吸收管采集室内空气15L(流量0.5L/min,时间为30min),并采集平行样。监测结果依据GB 50325—2010《民用建筑工程室内环境污染控制规范》^[6]进行评价。

1.5 质量控制

通过对甲醛空气试样、加标空气试样(加标量为4.5mg/L)6d内6批平行样测定,用总标准差检验测定的精密度。总标准差若小于其各自浓度的5%表示精密度符合要求,用总平均回

收率置信限(R/d)评估测定的准确度,若 $0.95 \leq R/d \leq 1.05$ 时表示合格,即方法的回收率在95%~105%^[7]。

1.6 统计学分析

应用SPSS 11.5统计学软件,不同装修类型组甲醛污染水平与对照组间比较采用方差分析,多个样本两两比较采用Dunnnett-t检验。

2 结果

2.1 精密度和准确度

甲醛试样和加标甲醛试样的结果均值分别为1.24mg/L和5.56mg/L,浓度的5%值分别为0.06mg/L和0.28mg/L,由甲醛试样和加标甲醛试样的批内、批间均方求得总标准差分别为0.061mg/L和0.017mg/L,均小于各自测定浓度的5%(w),测定的精密度可被接受^[6]。回收值(R)=4.32,根据空气样品中甲醛的浓度 $C_1=1.24$ mg/L;加标用甲醛标准溶液浓度 $C_2=300$ mg/L;加标用甲醛标准溶液体积 $V_1=1.5$ mL;加标取用空气样品的体积 $V_2=98.5$ mL,求得预期回收值(d)= $V_1(C_2-C_1)/(V_2+V_1)=4.48$ 。因准确度的可信限(R/d)=0.96,即平均回收率为95%~105%,故样品测定的准确度符合要求^[6]。

2.2 不同装修类型组甲醛浓度比较

第1次监测室内甲醛浓度,高装组室内甲醛(0.19 ± 0.28)mg/m³高于低装组(0.084 ± 0.040)mg/m³($F=5.15$, $P<0.01$)。装填组室内甲醛(0.49 ± 0.56)mg/m³高于高装组($F=6.39$, $P<0.05$)。各装修组与对照组相比差异均有统计学意义(F 值分别为3.12, 6.67, 8.93, 均 $P<0.05$)。见表1。

2.3 装修后不同时间甲醛浓度比较

2.3.1 低装组 第一次室内甲醛浓度(0.084 ± 0.040)mg/m³,其中:室内甲醛有4户超标,最大值为0.17mg/m³,是国家标准的2.13倍;有4户检测结果在标准值0.08mg/m³以下。第1至第5次室内甲醛各次间浓度多个样本两两比较结果差异无统计学意义($P>0.05$)。第7次监测低装组(0.012 ± 0.028)mg/m³与对照组差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.3.2 高装组 第一次室内甲醛浓度(0.19 ± 0.28)mg/m³,其中:有7户超标,最大值为1.16mg/m³,是国家标准的14.5倍,5户检测结果在标准值0.08mg/m³以下。第1至第5次室内甲醛各次间浓度多个样本两两比较差异无统计学意义($P>0.05$)。至第7次(213d)室内甲醛有较大幅度的下降,但仍有6户超标,最大值是国家标准的6.12倍。与第1次结果比较降幅为56.3%。第7次监测高装组(0.083 ± 0.041)mg/m³与对照组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1。

2.3.3 装填组 第一次室内甲醛浓度(0.49 ± 0.56)mg/m³,其中:有8户超标,最大值为1.59mg/m³,是国家标准的19.9倍,4户检测结果在标准值0.08mg/m³以下。第1至第5次室内甲醛各次间浓度多个样本两两比较结果差异无统计学意义($P>0.05$)。至第6次室内甲醛开始下降,至第7次有5户超标,最大值是国家标准的7.25倍,和第1次结果比较降幅为82.2%。第7次监测(213d)装填组(0.087 ± 0.30)mg/m³与对照组差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1。

表 1 不同装修类型组 and 对照组甲醛测定结果 (n=12)

时间 (d)	低装组 (mg/m ³)	高装组 (mg/m ³)	填装组 (mg/m ³)	对照组 (mg/m ³)
30	0.084 ± 0.040	0.19 ± 0.28	0.49 ± 0.56	0.038 ± 0.024
60	0.064 ± 0.043	0.22 ± 0.33	0.43 ± 0.52	0.030 ± 0.020
91	0.059 ± 0.041	0.19 ± 0.30	0.40 ± 0.45	0.023 ± 0.015
122	0.063 ± 0.041	0.21 ± 0.30	0.46 ± 0.52	0.016 ± 0.012
152	0.061 ± 0.038	0.19 ± 0.26	0.37 ± 0.42	0.005 ± 0.003
183	0.054 ± 0.033	0.16 ± 0.24	0.28 ± 0.36	0.005 ± 0.003
213	0.012 ± 0.028	0.083 ± 0.041	0.087 ± 0.30	0.005 ± 0.003

3 讨论

装修后室内甲醛主要来源于装修和家具使用的以脲醛树脂为黏合剂的大芯板、颗粒板、胶合板、中密度板在遇热、潮解时甲醛的释放。脲醛树脂具有生产成本低,且黏合性能好等优点,故被各类人造板材、家具、脲醛树脂泡沫塑料广泛应用,其中人造板材的市场占有率为 90% 以上。近年来,虽然以脲醛树脂为原料的低甲醛产品也大量投放市场,由于生产成本较高,是脲醛树脂产品的 2.5 倍左右,装修成本的提高仍然不被大多数装修户接受,是目前居室装修中甲醛污染处于较高水平的重要因素。因此,公众整体健康意识的提高是控制装修导致室内甲醛污染的基本措施之一。

监测结果显示,甲醛的平均浓度水平在装修完工后第一次监测最高,不同装修类型组居室空气中甲醛浓度均明显高于对照组,低装组与高装组、装填组差异有统计学意义。说明居室装修后各类人造板材用量和家具装填量是影响室内甲醛浓度的重要因素。有报道^[8],居室中甲醛浓度随人造板材的使用量增大而升高。本研究显示,虽然经过整个夏季,甲醛浓度有较大幅度的下降,但装修后第 7 个月的监测具有较高甲醛浓度的空气样本比例明显减少,低装组与对照组差异无统计学意义,但是高装组和装填组室内甲醛仍然较高。由于室内甲醛的释放及扩散是十分复杂的过程,其浓度与房屋的朝向、温度、季节、湿度和大气压均有关^[9]。所以装修时选材环保至关重要。

监测结果提示,家具的入户带来室内甲醛浓度的升高,在低装组基础上装填家具后居室甲醛浓度显著高于其他各组,原因可能是家具使用的以脲醛树脂为黏合剂的各类板材。另外,家具制作中使用的防虫剂,沙发、床垫等使用的脲醛树脂泡沫塑料也是室内甲醛重要污染源之一。提示尽管在前期装修未使

用各类人造板材或使用了环保程度较高的材料,室内甲醛已经处于较低水平,甚至是安全的,但装填家具不环保仍可使居室空气中甲醛升高,甚至经过 7 个月的衰减后甲醛浓度仍超过高装组。故家具的环保程度也是控制室内甲醛污染的重要环节。

由于装修时材料用量和家具的装填存在难以控制的很多因素。所以在装修前应根据居室的面积和空间进行合理设计,首先要尽量少用人造板材,同时也要注意选材的环保程度,首选以酚醛树脂为胶黏剂的产品,并经国家认监委制定和认可的认证机构出具的认证证书的合格产品。建议在使用前对板材的表面和断面,采用溶剂型涂料或水性涂料作封闭处理,以降低单位面积甲醛的挥发量;其次选择表面和断面封闭效果良好,环保程度较高,有合格证书的家具,并且在环境温度高于 20℃ 放置 3 个月以上再入住,最好是经过 1 个夏季;第三,注意室内通风,增加新风量的交换次数,并对装修后居室进行空气污染物检测,以了解污染程度并采取相应的措施加以控制。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 将文. 甲醛的危害与防治[J]. 环境教育, 2009(3): 70-71.
- [2] 林培喜, 程丽华, 周锡堂. 新装修居室空气中甲醛浓度[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(2): 132-133.
- [3] 杨振洲, 蔡同建. 室内甲醛的危害及其预防[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(6): 765-768.
- [4] 余志林, 李纯颖, 邓署芳, 等. 装修材料销售场所室内空气污染状况调查[J]. 中国公共卫生, 2007, 23(4): 396-397.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中华人民共和国卫生部. GB/T 18883—2002 室内空气质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 50325—2010 民用建筑工程室内环境污染控制规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [7] 张卫国, 付家华, 张明时. 气相色谱法测定保健用品中甲醇含量[J]. 中华预防医学杂志, 2001, 35(1): 61-62.
- [8] 刘利亚, 王娅芳, 周昌, 等. 居室装修后甲醛的污染水平与控制措施分析[J]. 环境卫生学杂志, 2012, 2(6): 271-273.
- [9] 姚孝元, 王雯, 陈元立, 等. 中国部分城市装修后居室空气中甲醛浓度及季节变化[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(5): 353-355.

(收稿日期: 2014-02-19)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 洪琪)